

УДК 612.015.3. 116.2.084.:616.832

БАЛАНС НАТРИЯ И КАЛИЯ ПРИ ВОДНО-СОЛЕВЫХ НАГРУЗКАХ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Загирова Н.А.

*ГОУ ВПО «Дагестанская государственная медицинская академия»,
Махачкала, Россия, e-mail: dgma@iwt.ru*

У интактных и спинальных собак изучены параметры электролитометрии в условиях в/в введений растворов хлорида натрия в концентрациях, используемых в клинике. Показано, что на фоне перерезки спинного мозга механизмы поддержания ионного гомеостаза в жидких средах срабатывают нечетко, что требует отслеживания в динамике инфузий (особенно при травмах спинного мозга) уровней натрия и калия в сыворотке крови.

Ключевые слова: натрий, калий, кристаллоидные растворы, перерезка спинного мозга

Известно, что солевые растворы, сбалансированные по электролитному составу с плазмой крови, занимают особое место в арсенале современных инфузионных средств, хотя, несмотря на возникающие осложнения, часто в динамике при этом не отслеживают изменений ионов в жидких средах организма [2]. Вместе с тем особенно строгий контроль необходим за концентрациями натрия, градиент которого в области клеточных мембран (при тесном балансе с ионом калия) прежде всего определяет перемещение жидкости между внутри- и внеклеточным пространствами [2, 4]. Описана опасность стремительного развития гипонатриемии или быстрого восстановления близкого к нормальному уровня натрия в крови: ведь развивается уже частичная адаптация к новым условиям существования [9]. Кроме того, экспериментируя со

спинальным организмом, мы должны были учесть и данные об изменении регуляции водно-солевого обмена в условиях перерезки спинного мозга.

Таким образом, была поставлена цель исследования: изучить в сравнительном плане на интактных и спинальных собаках параметры электролитометрии на фоне инфузий животным кристаллоидных растворов в концентрациях, широко применяемых в клинических условиях.

Материал и методы исследования

Эксперименты поставлены в хроническом и остром вариантах на 25 беспородных, бодрствующих и наркотизированных (39 мг/кг веса тиопентала натрия, в/в) интактных и спинальных собаках (♀ и ♂) с предварительно наложенными фистулами мочевого пузыря, с соблюдением Хельсинкской декларации о гуманном обра-

щении с животными и под контролем регионального этического комитета. Полную поперечную перерезку спинного мозга (ПППСМ) производили у исследованных собак специальным изогнутым скальпелем на уровне Th₇₋₈ сегментов для отключения почечных спинальных центров от вышележащих отделов ЦНС. Баланс ионов натрия и калия изучен при спонтанном мочеотделении (18 часов без пищи при свободном доступе к воде), на фоне в/в введения изо-, гипо-, гипертонических растворов хлорида натрия (0,9%; 0,4%; 4,0%) со скоростью 0,5 мл/мин на кг в течение 30 минут, а также после кровопускания (6 мл/мин/кг в течение 2-х минут). Исследование концентрации ионов (в ммоль/л) в образцах крови и мочи производили на приборе Easy Lyte фирмы Medica, работающем с использованием проточных ион-селективных электродов. Анализ осуществляли непосредственно после забора образцов в течение 24 часов, обеспечивая хранение проб при 4°C, доводя до комнатной температуры. Цельную мочу разбавляли специфическим делюэтом 1: 9. Для расчета ряда показателей водно-солевого баланса оценивали величину клубочковой фильтрации по эндогенному креатинину (C_{Cr}), учитывая, что его образование не зависит от степени гидратации организма и подходит для условий работы с водно-солевыми нагрузками. Статистический анализ полученных данных проведен на основе общепринятых подходов [5]

ко всем этапам планирования экспериментов, сбора результатов, их группировки, математической обработки с использованием пакета прикладных программ Statistica-6 – StatSoft Inc. Выборочное среднее значение признака (M) и среднее квадратическое отклонение (s) представлено в форме M(s). Критическим уровнем значимости считали $p=0,05$. Значения p указывали с точностью до трех десятичных знаков, а в случаях $p<0,001$ в форме « $p<0,001$ ».

Результаты исследования

и их обсуждение

Выявлено, что концентрация натрия в сыворотке периферической венозной крови у бодрствующих интактных животных (ИЖ) на спонтанном мочеотделении колеблется в пределах 151,04/(4,00) ммоль/л, а калия – 4,60 (0,35) ммоль/л. Фоновые показатели всегда оценивались для отдельных групп собак.

После 30-мин. инфузий ИЖ растворов концентрация Na^+ в сыворотке крови статистически значима: не изменялась после введения 0,9%, снижалась при инфузии 0,4% и повышалась после 4,0% хлорида натрия. У тех же интактных бодрствующих животных уровни иона калия в ответ на введение всех изученных нами концентраций растворов статистически значительно снижались и особенно в ответ на инфузию 4,0% NaCl. Последнее необходимо иметь в виду с учетом того, что в/в введение гипертонических растворов (а в клинике не толь-

ко 4,0%, но 5,0% и даже 10,0% концентраций) является наиболее быстрой (и поэтому часто используемой) методикой коррекции гипеоосмоляльности, что может способствовать развитию опасной для жизни гипонатриемии (табл. 1).

Таблица 1

Концентрация ионов натрия и калия в сыворотке крови в ммоль/л, удельное значение ионов в осмотическом очищении ($C_{осм}^{Na+}$, $C_{осм}^{K+}$) у бодрствующих интактных собак на фоне спонтанного мочеотделения и в условиях внутривенных введений 0,9%; 0,4%; 4,0% растворов хлорида натрия

Условия опыта Параметры	Концентрация ионов в сыворотке крови							
	ион натрия				ион калия			
	Фон	0,9% NaCl	0,4% NaCl	4,0% NaCl	Фон	0,9% NaCl	0,4% NaCl	4,0% NaCl
M	151,04	149,63	145,66	157,14	4,60	4,22	4,29	4,21
S	4,0	6,85	6,11	1,26	0,35	0,41	0,41	0,40
df		48	48	46		48	48	46
p		*0,367	*0,001	*0,000		*0,001	*0,006	*0,001
Условия опыта Параметры	Доля ионов в осмотическом очищении							
	$C_{осм}^{Na+}$				$C_{осм}^{K+}$			
	Фон	0,9% NaCl	0,4% NaCl	4,0% NaCl	Фон	0,9% NaCl	0,4% NaCl	4,0% NaCl
M	2,15	1,67	0,93	20,70	0,70	0,53	0,44	1,30
s	1,77	1,12	0,40	8,70	0,64	0,29	0,27	0,68
df		36	36	36	36	36	36	36
p		*0,338	*0,007	*0,000		*0,305	*0,122	*0,008

Примечание: *p – сравнение с фоном

При сборе данных были оценены или рассчитаны величины фильтрационного заряда, клиренса, экскретируемой фракции в процентах от профильтровавшегося количества ионов натрия и калия, другие параметры. В условиях спонтанного диуреза величина фильтрационного заряда для Na^+ примерно в 30 раз больше, чем для K^+ , а клиренс калия и его экскретируемая фракция в 12 раз превосходит таковую для натрия. Если доля натрия в осмотическом

очищении при спонтанном мочеотделении в 3 раза больше, чем для калия, то при максимальной, в наших условиях, нагрузке хлоридом натрия, т.е. на фоне в/в введения 4,0% NaCl, она становится в 16 раз больше, чем для калия (табл. 1). Недаром в физиологии почки и в клинической практике (лечение отеков, гипо- и гипернатриемий) вопрос о балансе натрия остается ключевым [1, 3]. При сравнении данных, полученных на ИЖ с таковыми у спинальных собак (СС), най-

дено, что у последних статистически значимо изменяется концентрация Na^+ в сыворотке крови и при введении 0,9% NaCl. В условиях наркоза в отличие от ИЖ уровень Na^+ в сыворотке крови после 30 минут в/в введения того же изотонического раствора

у СС он был повышен в сравнении с фоновым ($p=0,024$) и снижался ($p=0,015$) в условиях инфузии 0,4% NaCl. Концентрация калия у СС статистически значимо снижена в ответ на инфузию 4,0% NaCl: с 4,51 (0,17) у ИЖ до 3,92 (0,15) ммоль/л у СС (табл. 2).

Таблица 2

Концентрация в сыворотке крови ионов натрия и калия (ммоль/л) у наркотизированных спинальных собак в условиях фона, через 20 мин после введения в наркоз и далее в конце инфузии 0,9%; 0,4%; 4,0% NaCl

Условия опыта Параметры	Натрий – спинальные собаки				
	Фон	Наркоз ПППСМ	0,9% NaCl	0,4% NaCl	4,0% NaCl
M	150,50	154,12	154,86	142,33	159,05
s	2,33	5,06	4,70	6,76	3,90
$\Delta (s\Delta)^*$		-3,6 (3,9)	-4,4 (3,3)	-8,2 (5,5)	-9,5 (1,9)
$p\Delta^{**}$		0,072	0,024	0,015	0,001
Условия опыта Параметры	Калий – спинальные собаки				
	Фон	Наркоз ПППСМ	0,9% NaCl	0,4% NaCl	4,0% NaCl
M	4,14	4,30	4,14	4,19	3,92
s	0,13	0,10	0,14	0,03	0,15
$\Delta (s\Delta)^*$		-0,2 (0,2)	0,0 (0,2)	-0,1 (0,1)	0,2 (0,15)
$p\Delta^{**}$		0,064	1,000	0,367	0,018

Примечание: * Δ – средняя разность; (s Δ) – стандартное отклонение средней разности.
**p – достоверность средней разности

При этом нельзя исключить и фактора возможного нивелирования наркозом гипокалиемии через включение во внутриклеточные обменные процессы [2, 4]. В целом именно СС выделились особенностью реакций на в/в водно-солевые нагрузки по различным показателям баланса Na^+ и K^+ . Особенно существенной была разни-

ца после кровопускания: по натрию у СС со 150,15 (2,38) до 160,93 (1,48) ммоль/л, по калию с 4,51 (0,23) до 4,10 (0,14) ммоль/л. Это уже «ощутимые» и по абсолютной величине различия (табл. 3). Таким образом, у СС не только инфузия 4,0% NaCl, но и всех изученных нами концентраций растворов хлорида натрия вызывала изменение уровней

и баланса Na^+ и K^+ . Направленность сдвигов прослеживалась и при анализе данных по фильтрационному заряду ионов, их клиренсу, экскретируемой фракции, абсолют-

ной и относительной реабсорбции, общей экскреции, другим показателям электролитометрии.

Таблица 3

Концентрация ионов в сыворотке крови (ммоль/л), процент реабсорбированного натрия в условиях наркоза, кровопускания, перерыва спинного мозга (ПППСМ) и инфузий растворов NaCl

Условия опыта	Наркоз, кровопускание, ПППСМ							
	ионы натрия				ионы калия			
	20' наркоза	Крово-пуск.	ПППСМ	ПППСМ кровопуск.	20' наркоза	Крово-пуск.	ПППСМ	ПППСМ кровопуск.
Параметры								
M	150,85	160,93	154,12	160,00	4,90	4,10	4,30	4,09
s	6,63	1,48	5,06	1,87	0,41	0,14	0,10	0,36
df	32	32	32	32	32	32	32	32
p	*0,510	*0,001	*0,072	*0,001	*0,370	*0,003	*0,064	*0,050
Условия опыта	Реабсорбированный натрий в %							
	Наркоз				Наркоз, ПППСМ			
	Фон	0,9% NaCl	0,4% NaCl	4,0% NaCl	Фон	0,9% NaCl	0,4% NaCl	4,0% NaCl
Параметры								
M	85,12	78,20	89,27	47,52	85,10	89,75	81,50	141,17
s	1,64	2,25	4,19	3,51	1,03	0,50	0,31	13,60
df		10	10	10		10	10	10
t		6,67	-1,85	37,07		-8,61	8,24	-20,83
p		*0,001	*0,124	*0,000		*0,000	*0,000	*0,000

Примечание: *p – сравнение с наркозом и фоном

Заключение

Необходимо учесть, что в условиях особенно жесткого напряжения адаптивных механизмов и резервных возможностей (после кровопускания на фоне ПППСМ), при снижении клубочковой фильтрации, когда падает фильтрационная фракция и клиренс ионов, выявляются особенно резкие изменения параметров электролитометрии, в том числе и для калия. А ведь хорошо известно,

что даже небольшие сдвиги в уровнях последнего влияют на синтез важнейших белков [7] и что обмен Na^+ и K^+ тесно взаимосвязан [8]. Кроме того, у спинальных организмов изменена регуляция водно-солевого баланса, что показано не только в эксперименте на собаках [6], но и выявлено нейрохирургами, когда в условиях острого повреждения шейного отдела спинного мозга у 112 пациентов наблюдалась значительная

гипонатриемия [10]. Естественно ставится вопрос об обязательном проведении на фоне терапии инфузионными солевыми растворами мониторинга с целью раннего выявления сдвигов в гомеостазе Na^+ и K^+ , реакция на уровни которых изменена особенно в условиях перерезки спинного мозга.

Список литературы

1. Канашкина Т.А., Шахматова Е.И., Наточин Ю.В. Влияние 1-дезамино-1-монокарбаргинин-вазотоцина на выделение ионов натрия и воды почками крыс // Бюлл. эксп. биол. и мед. – 2007. – №5. – С. 494-497.
2. Кондратьев А.Н. Неотложная нейротравматология. – М.: ГОЭТАР-Медиа, 2009. – 192 с.
3. Наточин Ю.В. Ионорегулирующая функция почки. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1976. – 268 с.
4. Наточин Ю.В. Физико-химические детерминанты физиологической эволюции: от протоклетки к человеку // Росс. физиол. ж. им. И.М. Сеченова. – 2006. – Т. 92, №1. – С. 57-72.
5. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica. – М.: Медиа Сфера, 2002. – 305 с.

6. Сулаквелидзе Т.С. Взаимосвязь антидиуретической и окситоциновой активностей плазмы и ликвора у интактных и спинальных собак: дис. ... докт. мед. наук. – М., 1989. – 365 с.

7. Alahari A., Apte Sh. Anovel potassium deficiency – induced stimulon in *Anabaena torulosa* // J. Biosci. – 2004. – V. 29, №2. – P. 153-161.

8. Lu M., Jiebisch G., Wang W. Natric oxide links the apical Na^+ conductance in the rat cortical collecting ducts // J. Gen. Physiol. – 1997. – V. 110, №6. – P. 717-726.

9. Rosner M.H. Severe hyponatremia associated with the combined use of thiazide diuretics and selective serotonin reuptake inhibitor // Am. J. Med. Sci. – 2004. – V. 327, №2. – P. 109-111.

10. Tan Ying-chun, Fenf Hu, Zhang Y. Гипонатриемия после острой травмы шейного отдела спинного мозга // Acta academiae medicі. – 2005. – №1. – P. 54-56. Кит. рез. англ.

Рецензенты:

Шейх-заде Юрий Решадович, д.м.н., профессор ГОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет»;

Габиров Магомед Магомедович, д.б.н., профессор, зав. кафедрой анатомии, физиологии, гистологии, биологический факультет ГОУ ВПО «Дагестанский государственный университет».

SODIUM AND POTASSIUM BALANCE IN FLUID AND ELECTROLYTE LOAD IN TRIAL EXPERIMENT

Zagirova N.A.

*S.E.O. H.P.E. «Daghestan State Medical Academy»,
Makhachkala, Russia, e-mail: dgma@iwt.ru*

Parameters of electrolithometria were studied in intact and spinal dogs in the condition of intravenous infusion of chloride sodium in concentrations using in clinics. There are shown that on the phone of spinal cord breaking mechanisms of supporting ion homeostasis in liquid medium, work not precisely, that demands watching infusions in dinamics (especially in spinal cord traumas) sodium level and potassium level in blood serum.

Keywords: sodium, potassium, crystalloid solutions, spinal cord breaking